

УДК 622.01

**СОСТОЯНИЕ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА
И ПОДРАБОТАННОЙ ТОЛЩИ ШАХТЫ МОЛОДЕЖНОЙ****Пак С.В.***Донской ГОК - Шахта «10-лет Независимости Казахстана»,
г. Хромтау, Казахстан*

В результате выполненной работы по диагностике состояния подработанной породной толщи были определены фактические границы зон обрушения и сдвижения на земной поверхности, которые были увязаны с горными работами для уточнения фактических угловых параметров развития процесса сдвижения, сделаны выводы об активном развитии процесса сдвижения и отсутствии крупных пустот.

При отработке подземным способом месторождения «40 лет КазССР – Молодежное» возникла необходимость проведения диагностики состояния подработанного породного массива, прогноза его поведения и разработки мероприятий по предотвращению потенциальной опасности воздушных ударов на шахте «Молодежная» Донского ГОКа Республики Казахстан. Работа осложнялась тем, что инструментальные наблюдения за процессом сдвижения, проводившиеся на шахте Институтом горного дела УрО РАН на начальной стадии разработки месторождения, были фактически прекращены в 1992 г., и до 1999 г. разработка месторождения производилась без надлежащего контроля процесса сдвижения пород налегающей толщи. С 1999 г. наблюдения были возобновлены по сокращенной программе маркшейдерской службой шахты. До 2005 года инструментальные наблюдения проводились по 3 профильным линиям из 11, существовавших к 1992 г. В результате отсутствовали достоверные данные о состоянии подработанной толщи, наличии или отсутствии незаполненных пустот в породном массиве, проявлении процесса сдвижения на земной поверхности.

К 2005 году на месторождении «40 лет КазССР – Молодежное» сформировалась сложная техногенно-геологическая система, приведшая в итоге, к аномальному развитию процесса сдвижения, ряд особенностей которого наблюдается визуально. Прежде всего, отмечается отсутствие внутри зоны обрушения провалов и воронок обрушения, что более характерно при формировании мульды сдвижения от разработки пологопадающих пластов. Основной причиной подобного формирования зоны

обрушения является совместное влияние двух факторов – с одной стороны, относительно пологого и глубокого залегания рудного тела №22, в котором сосредоточены основные запасы месторождения, а с другой стороны, физико-механическими свойствами породного массива, склонного под воздействием влаги и рудничной атмосферы к разрушению на мелкие фракции, с чрезвычайно высокими скоростями – до 0.5 м/мес. Также отмечается различный характер деформирования западного и восточного флангов месторождения: если на западном фланге граница зоны обрушения прослеживается по системе трещин с раскрытием до 2.5-3 метров, то на восточном фланге трещины отсутствуют, а нарушения сплошности породного массива представлены цепочками бугров выпирания породы – протяженностью до 10 метров и высотой до 1.5-2 м. Такое явление обусловлено действием на флангах месторождения различных по знаку напряжений – растягивающих на западном и сжимающих на востоке. Кроме этого, наличие в непосредственной близости от зоны обрушения выработанного карьерного пространства создает возможность для разгрузки подработанного породного массива с образованием в борту карьера сдвиговых трещин.

Наличие на восточном фланге месторождения отвала пустых пород, заполняющего зону обрушения от разработки рудного тела в осях 60-72 играет двоякую роль. С одной стороны, размещение вскрышных пород в зоне обрушения, способствует улучшению геомеханической ситуации и приводит к более полному и плавному развитию процесса сдвижения, с другой же стороны, свойство породных отвалов аккумулировать воду в своем теле за счет конденсации водяных паров создает потенциальную опасность перепуска ее в горные выработки по системам трещин.

Большую роль в развитии процесса сдвижения также играют мощные тектонические нарушения третьего порядка – сочленяющиеся сбросо-сдвиги, пересекающие месторождение в субширотном и диагональном направлениях. Данные тектонические нарушения прослеживаются как по данным детальной геолого-разведки, так и визуально на местности в виде линеаментов в рельефе. Плоскости сбрасывателей сбросо-сдвигов падают на запад под углами 70-85°, что, совместно с их взаимным расположением относительно разрабатываемого рудного тела №22, создает благоприятные условия для реализации по ним деформаций, вызванных подработкой породной толщи горными работами.

Суммируя вышесказанное, следует отметить, что на месторождении имеется ряд горно-геологических факторов, оказывающих заметное влияние на развитие процесса сдвижения в его нынешнем, аномальном виде. Поскольку аномальность развития процесса сдвижения создает потенциальную опасность его внезапного развития в динамической форме, для получения достоверных данных о состоянии подработанной породной толщи необходимо было провести натурные инструментальные исследования структуры породного массива и характера его деформирования, на основе которых можно спрогнозировать развитие процесса сдвижения.

Исследование процесса сдвижения и состояния подработанной породной толщи на месторождении выполнялось в четыре этапа.

На первом этапе были проанализированы данные маркшейдерских наблюдений, а также выполнена очередная серия наблюдений по профильным линиям с высотной привязкой реперов к пунктам полигонометрии, находящимся за пределами области влияния горных работ. На этом этапе было установлено, что оседания реперов станции составляют от 79 до 11150 мм, таким образом, вся наблюдательная станция находится в мульде сдвижения [1]. Был отмечен дискретный характер деформирования массива. По профильным линиям I и II, заложенным вкрест простирания рудного тела отмечен дискретный, но трендовый характер распределения вертикальных деформаций, по горизонтальным деформациям – растяжения в краевых частях, сжатие в центре. По профильной линии I, заложенной по простиранию – отмечен резкий знакопеременный скачек вертикальных деформаций в области валов выпирания грунта, по горизонтальным деформациям – небольшие величины сжатий в центральной части, аномально высокие в области валов выпирания грунта, а в конце линии деформации растяжений. Таким образом, величины деформаций и скорости приращения вертикальных и горизонтальных деформаций свидетельствуют об активном и полном развитии процесса сдвижения на месторождении, что делает маловероятным возникновение в породном массиве незаполненных пустот, склонных к внезапным обрушениям. Вместе с тем, при этом не было возможно установить границы зон обрушения и сдвижения на земной поверхности для определения фактических угловых параметров процесса сдвижения и сопоставления их с нормативными.

На втором этапе состояние подработанного горными работами породного массива по всей площади мульды сдвижения было обследовано с применением современных геофизических методов – электроразведочными методами, и методом спектрального сейсмопрофилирования. По результатам геофизических изысканий двумя независимыми методами, в различных их комбинациях, было установлено, что исследуемый массив горных пород достаточно однороден, в нем отсутствуют незаполненные пустоты, при этом наблюдаются лишь незначительные зоны дезинтеграции горных пород, заполненные обломочным материалом мелкой фракции. Четко были закартированы крутопадающие границы – границы зоны обрушения на флангах и всiachем боку месторождения и мощных тектонических нарушений субширотного простирания.

На третьем этапе исследовалась возможная роль геодинамической активности мощного тектонического нарушения, пересекающего подработанную породную толщу в субширотном направлении. Для оценки степени геодинамической активности этого тектонического нарушения были поставлены экспериментальные исследования в режиме непрерывного мониторинга короткопериодных смещений и деформаций. При рассмотрении полученных результатов, было отмечено, что максимальные амплитуды смещений и деформаций концентрируются на измерительных интервалах, пересекающих тектоническое нарушение под прямым углом (по нормали). На данных интервалах отмечается геодинамическая активность, выражающаяся в циклических короткопериодных деформациях породного массива, минимум в два раза превышающая аналогичные по остальным интервалам. Таким образом, на основании выполненных инструментальных исследований было подтверждено предположение о высокой степени современной геодинамической активности тектонического нарушения. В условиях значительной подработки вмещающего породного массива горными работами, и формирования анизотропного вторичного напряженно-деформированного состояния, существующая геодинамическая активность значительно усилилась и реализуется в виде короткопериодных знакопеременных деформаций, происходящих на фоне трендовых подвижек по плоскостям сместителей.

На четвертом, заключительном этапе исследований предстояло решить две основные задачи – определить фактические угловые параметры процесса сдвижения и сопоставить их с нор-

мативными, а также независимым методом подтвердить отсутствие в подработанном массиве крупных незаполненных пустот.

Для решения этих задач была произведена топографическая съемка зоны обрушения и мульды сдвижения на площади 72 гектара. Съемка производилась с использованием комплекса спутниковой геодезии в кинематическом режиме «Stop-And-Go» с картированием рельефа по сетке 30х30 метров. Отдельно картировались нарушения сплошности породного массива – трещины разрыва на западном фланге и висячем боку месторождения и цепочки бугров выпирания грунта на восточном фланге. По границам трещин разрыва с раскрытием свыше 200 мм и цепочек бугров выпирания грунта была отстроена фактическая граница зоны обрушения на земной поверхности, которая была нанесена на цифровой план местности. На этот же план были вынесены фактические границы отработанных запазов по горизонтам -55 и -135 метров.

В результате сопоставления полученных фактических углов обрушения с нормативными было отмечено, что на восточном фланге месторождения углы обрушения на 10° круче нормативных, а на западном фланге – на 10° положе, то есть наблюдается левосторонняя анизотропия в развитии зоны обрушения, которая может быть объяснена особенностями формирования вторичного анизотропного напряженно-деформированного состояния подработанного породного массива на месторождении и воздействием на него техногенных нагрузок от карьера с севера и отвала пустых пород с востока.

По результатам топографической съемки была построена цифровая модель местности, отражающая состояния земной поверхности на современный период времени. В цифровую модель также были переведены данные топографической съемки, выполненной до начала отработки месторождения «40 лет КазССР». Сопоставление двух цифровых моделей, отражающих исходное и современное состояние земной поверхности, позволило, путем вычитания, получить цифровую модель, отражающую оседания земной поверхности, произошедшие в результате подработки породного массива. По изолинии оседаний 50 мм была проведена граница зоны сдвижения на земной поверхности. Поскольку величина оседаний 50 мм сопоставима с точностью построения рельефа на топографических планах, фактическая граница зоны сдвижения на земной поверхности отстраивалась путем интерполяции от изолиний с величинами оседа-

ний, больших 100 мм. В результате сопоставления фактических углов сдвижения с нормативными [3] была отмечена картина, полностью аналогичная картине для углов обрушения, что на восточном фланге месторождения углы сдвижения примерно на 10° круче нормативных (экстраполировано), а на западном фланге - на $7-10^\circ$ положе, то есть также наблюдается левосторонняя анизотропия в развитии мульды сдвижения.

Таким образом, было установлено, что развитие процесса сдвижения горных пород и земной поверхности на месторождении происходит достаточно активно и полно, присутствует ярко выраженный дискретный характер деформирования породного массива и значительная анизотропия вторичного напряженно-деформированного состояния. Подобное развитие процесса сдвижения свидетельствует об отсутствии опасности зависания подработанных пород и неконтролируемого развития самообрушения пород налегающей толщи и земной поверхности с аэродинамическими явлениями в горных выработках.

Сдвижение подработанного породного массива происходит с некоторыми особенностями [4], способствующими более плавному протеканию процесса сдвижения, анизотропией напряженно-деформированного состояния массива, достаточно высокой геодинамической активностью мощного тектонического нарушения субширотного простиранья, залегающего в лежащем боку рудного тела и близкому нахождению к мульде сдвижения крупных техногенных объектов – карьера и отвала пустых пород.

Поскольку целью работы являлось исключение опасности неконтролируемого развития самообрушения подработанных пород налегающей толщи с аэродинамическими явлениями в горных выработках, необходимо было оценить саму вероятность существования в массиве незаполненных пустот. Полнота развития процесса сдвижения оценивалась аналитически по наличию в подработанном массиве дефицита объема, представленного незаполненными пустотами. Вариант аналитического расчета для этого случая включал в себя оценку изменения объемов разрушенных пород, заполняющих зону обрушения.

Согласно геометрическим построением, ненарушенный породный массив до начала отработки занимает объем усеченного конуса, боковые грани которого образованы под фактическими углами обрушения по-западному и восточному флангам и висячему боку, а объем выработанного пространства определяется по объемам выданной на-гора рудной массы. После начала от-

работки, и изъятия из массива руды, происходит обрушение массива на выработанное пространство, и изменением объема разрушенного породного массива. Неизвестные величины объемов нетронутого массива обрушенной горной массы, углы обрушения определяются непосредственно по результатам натурных инструментальных измерений. Соотношение фактических объемов дает коэффициент разрыхления породного массива, по величине которого возможно судить о наличии или отсутствии в подработанной породной толще незаполненных пустот.

В результате расчетов было установлено, что коэффициент разрыхления подработанного породного массива 1.032. Максимально же возможный в данной ситуации коэффициент разрыхления, при условии отсутствия оседаний земной поверхности составляет 1.051. Учитывая особенности развития процесса сдвижения на месторождении, такой коэффициент разрыхления (1.032) подработанного породного массива следует считать достаточно высоким и гарантирующим отсутствие в подработанном массиве незаполненных пустот. Также установлено, что при отработке рудного тела №22 еще не выполняется условие выхода воронок обрушения на земную поверхность, для выполнения которого, с учетом сохранения фактической глубины верхней границы выработанного пространства, требуется площадь выработанного пространства в плане в 1.65 раза больше нынешней. С другой стороны, зафиксированные по результатам инструментальных измерений высокие уровни сжатия массива в центральной части мульды сдвижения на восточном фланге, приводят к очень плотной переупаковке дезинтегрированного породного массива, поэтому при дальнейшем развитии горных работ на месторождении не следует ожидать высоких значений коэффициента разрыхления.

Таким образом, выполненный комплекс натурных экспериментальных исследований подработанного породного массива месторождения «40 лет КазССР – Молодежное» с использованием двух независимых методов – геодезического деформационного и геофизического, проведенные аналитические расчеты и построения в условиях недостаточного контроля развития процесса сдвижения позволили выявить основные горно-геологические факторы, оказывающие заметное влияние на развитие процесса сдвижения в его нынешнем, аномальном виде.

Проведен анализ закономерностей развития процесса сдвижения земной поверхности на месторождении, определены фак-

тические границы зон влияния подземных разработок и угловые параметры сдвижения, уточнена структура и состояние подработанного породного массива геофизическими методами, разработана геомеханическую модель процесса сдвижения горных пород при разработке месторождения «40 лет КазССР – Молодежное».

Основной рекомендацией по предотвращению потенциальной опасности воздушных ударов на шахте «Молодежная» при дальнейшей разработке, является организация усиленного контроля геомеханических процессов, проистекающих в подработанной толще для исключения бесконтрольности их проявления.

Необходимо в ближайшее время разработать проект реконструкции наблюдательной станции, провести ее реконструкцию согласно разработанному проекту, и организовать по ней регулярные инструментальные наблюдения.

Библиографический список

1. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений: Утв. Госгортехнадзором СССР 03.07.86. -М.: Недра. – 1988. – 112 с.

2. Панжин А.А. Исследование короткопериодных деформаций разломных зон верхней части земной коры с применением систем спутниковой геодезии //Маркшейдерия и недропользование. – 2003. – №2 (8).

3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на месторождениях руд черных металлов Урала и Казахстана: Утв.Минметом СССР 02.08.90 – Свердловск: ИГД Минмета СССР, 1990.

4. Саишурин А.Д. Сдвижение горных пород на рудниках черной металлургии. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 1999.